

氏 名	筑井 啓介
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 記 番 号	博甲第979号
学位授与の日付	平成20年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	都市部における交通状況と自動車の音源特性を考慮した道路交通騒音の予測方法に関する研究
論文審査委員（主査）	押野 康夫（自然科学研究科・客員教授）
論文審査委員（副査）	山崎 俊一（自然科学研究科・客員教授）、藤川 達夫（自然科学研究科・客員准教授）、高山 純一（自然科学研究科・教授）、岩井 智昭（自然科学研究科・講師）

Abstract

In order to conduct countermeasures for road traffic noise efficiently, it is important to examine their effects in advance. For this purpose, various road traffic noise prediction models are being developed.

However, especially in unsteady traffic conditions such as signalized intersections, there have remained difficulties to estimate each vehicle's running condition and noise generation (hereinafter referred to as “noise source characteristics”), due to acceleration and noise generation of each vehicle greatly changing with time variation.

In this situation, the road traffic noise prediction method that simulates each vehicle's dynamic behavior around signalized intersections has been developed (hereinafter referred to as the “dynamic simulation method”). However, the method has had the necessity for improving the applicability into various conditions in urban areas.

Therefore in this study, by modifying the dynamic simulation method and by developing the new road traffic noise prediction methods, the applicability of the road traffic noise prediction method into urban areas is substantially broadened. The achievements of this study are as follows:

- (1) The road traffic noise prediction method that is applicable to urban roads paved with various types of road surface was developed.
- (2) The road traffic noise prediction method that is applicable to urban roads with 3-dimensional sound propagation was also developed.
- (3) The prediction method for the dynamic traffic flow and the roadside noise around toll gates was newly developed.
- (4) For the simpler usage of the road traffic noise prediction, a convenient prediction method applicable to signalized intersections was developed.
- (5) The prediction method developed in (4) and the existing network traffic flow simulation model were integrated, and then the road traffic noise prediction method that is applicable to citywide road network was newly developed.

1. 背景と目的

道路交通騒音の対策を有効に実施するためには、それらの効果を予め充分検討しておく必要がある。このような検討を効率的に行う方法として、道路交通騒音の予測手法を用いる方法があり、国内外において各種の予測手法が提案されている。

道路交通騒音の予測手法は、基本的に自動車の走行状態や発生騒音（以下、音源特性という）

を推定する部分と自動車から受音点への音の伝搬特性を推定する部分から構成される。このうち、自動車の音源特性を推定する部分については、信号交差点付近等のように交通流が非定常な地域では、各車両の走行状態や発生騒音が時々刻々変化するため、そのモデル化に課題があった。

これに対し(財)日本自動車研究所では、複数の信号交差点が存在するような交通状況にも適用可能な音源特性の推定方法を開発した。この手法では、交通流を動的に模擬する方法等を採用することによって、信号交差点周辺における個々の車両の走行状態や音源別の発生騒音を詳細に予測することができる（以下、ダイナミックシミュレーション手法という）。

そこで本研究では、このダイナミックシミュレーション手法の機能を拡張するとともに新たな道路交通騒音の予測手法を構築し、都市部に対する道路交通騒音の予測手法の適用性を大幅に拡大した。

本研究の全体構成を図1に示す。図中の研究項目毎に得られた成果は以下の通りである。

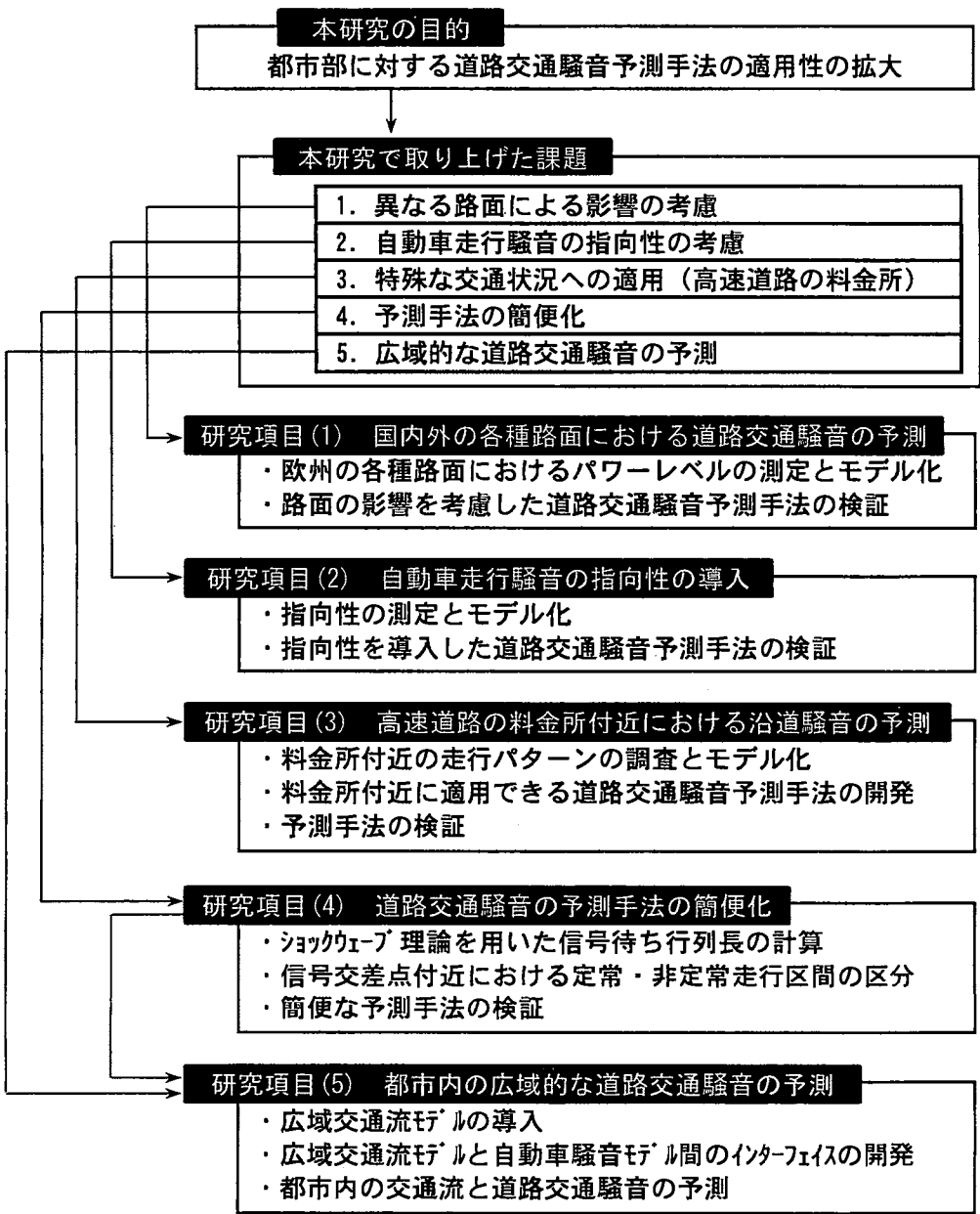


図1 本研究の全体構成
- 229 -

2. 得られた成果

(1) 国内外の各種路面における道路交通騒音の予測

自動車走行騒音は路面の種別によって大きく変化することが知られている。このため、道路交通騒音の低減対策として路面の改良が注目されており、特に欧州では各種低騒音路面の施工が積極的に行われている。そこで本研究では、まず、各種路面が施工された欧州の一般道において通過車両の A 特性音響パワーレベルを測定し、日本の結果と比較した。一例として小型車類について得られた結果を図 2 に示す。日欧の同一種別（密粒アスコン）の路面上のパワーレベルを速度の対数で回帰分析した結果、2つの回帰式のレベル差はほぼ 1dB 以内であった。

また、欧州の各種低騒音路面（SMA0/6, Microlayers, 二層式排水性舗装）について同様に回帰式を作成したところ、パワーレベルは密粒アスコンの結果より 1～7dB 低いことがわかった。

次に、これらの結果をもとに各種路面に対するタイヤ/路面騒音の推定モデルを作成し、それらを道路交通騒音のダイナミックシミュレーション手法に導入した。この手法を用いて日欧の各種路面が施工された市街地道路 32 地点の道路交通騒音（ L_{Aeq} ）を推定した結果、実測値とのレベル差は 2dB 以内であった。以上の結果より、本手法によって国内外の各種路面が施工された地域における道路交通騒音を精度良く予測することが可能となった。

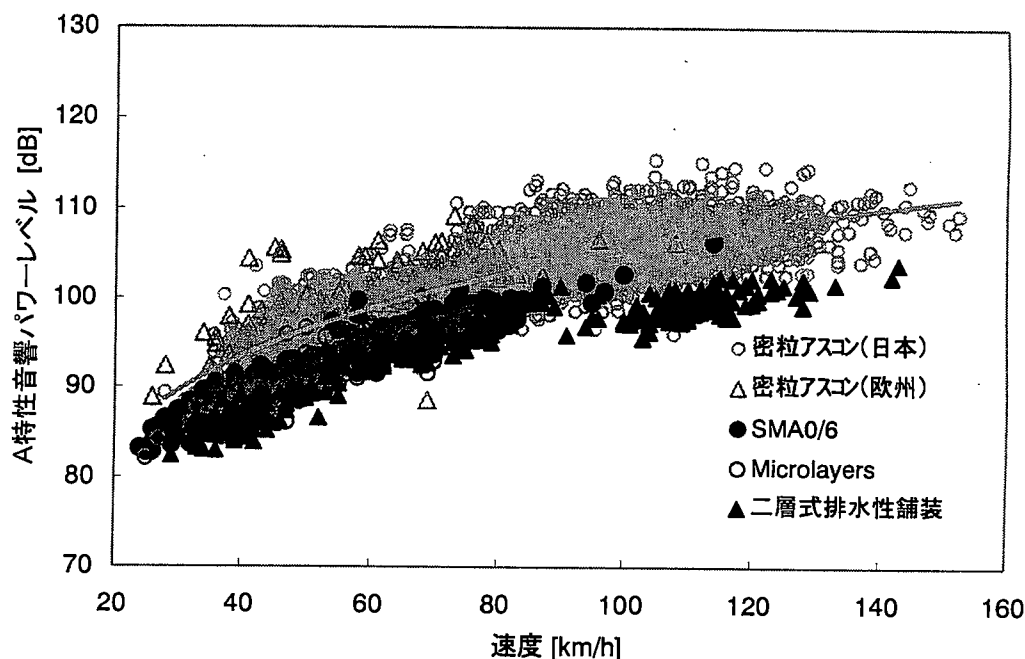
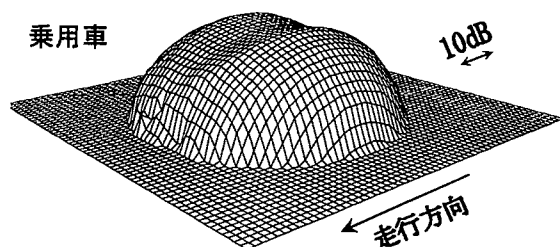


図 2 各種路面における自動車騒音のパワーレベル（小型車類）

(2) 自動車走行騒音の指向性の導入

都市部においては、沿道に立地した高層階の建物や高架道路、立体交差などが多く存在し、高さ方向の騒音伝搬が重要となる。この場合の沿道騒音を精度良く予測するためには、自動車の音源モデルに 3 次元的な指向性を考慮する必要がある。そこで本研究では、まず、試験車を用いて自動車走行騒音の 3 次元的な指向性を実測した。得られた結果を図 3 に示す。車両真上のレベルは



路面近傍のレベルと比べて乗用車で 8～9dB, 小型貨物車で 9～10dB, 大型車で 10～12dB 低くなっていることが明らかとなった。

次に、これらの結果を放射角度の関数としてモデル化し、道路交通騒音のダイナミックシミュレーション手法に導入した。この手法を用いて 3 地域の幹線道路沿道における高さ 1.2m～5m 位置の L_{Aeq} を推定し、実測値と比較した結果、両者のレベル差は騒音測定点の高さによらず 2dB 以内であった。以上の結果より、本手法によって道路沿道における高さ方向の騒音も精度良く予測することが可能となった。

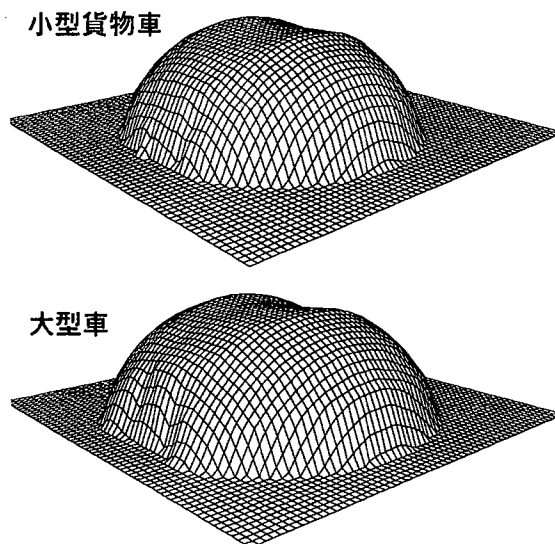


図 3 自動車騒音の指向性 (定常 40km/h)

(3) 高速道路の集約料金所付近における沿道騒音の予測

上記の(1)、(2)で構築した道路交通騒音の予測手法は、都市部のほとんどの交通状況に適用可能と考えられるが、局所的にはその他にも特殊な交通状況の地域が存在する。中でも高速道路の料金所付近は交通状況が信号交差点の場合と大きく異なっているため、沿道騒音の予測が極めて難しい。そこで本研究では、ダイナミックシミュレーション手法の一つのアプリケーションとして、高速道路の集約料金所付近における各車両の加減速や車線変更の挙動を動的に推定するモデルを作成した。この手法を用いて実際の料金所付近における交通流を計算した結果の一例を図 4 に示す。この図は、車両の分布状態を 2 s ごとに計算した結果である。各ゲートに待ち行列ができていく様子がわかる。なお、車両の動きを把握し易いよう、図中の数台の車両に記号をつけている(減速側は a, b, c, d, e, f, 加速側は 1, 2, 3, 4, 5, 6)。これらの車両に着目すると、走行ラインを変えながら走行している様子や、加速側で乗用車が大型車を追い越して行く様子が確認できる。

次に、このモデルと自動車の音源別の発生騒音モデルとを統合して沿道騒音の予測手法を構築した。この手法を用いて料金所周辺の 6 地点における L_{Aeq} を推定した結果、実測値とのレベル差は 0.8～2.7dB の範囲であり概ね一致していた。以上の結果より、本手法によって料金所付近における車両挙動や沿道騒音を詳細に予測することが可能となった。

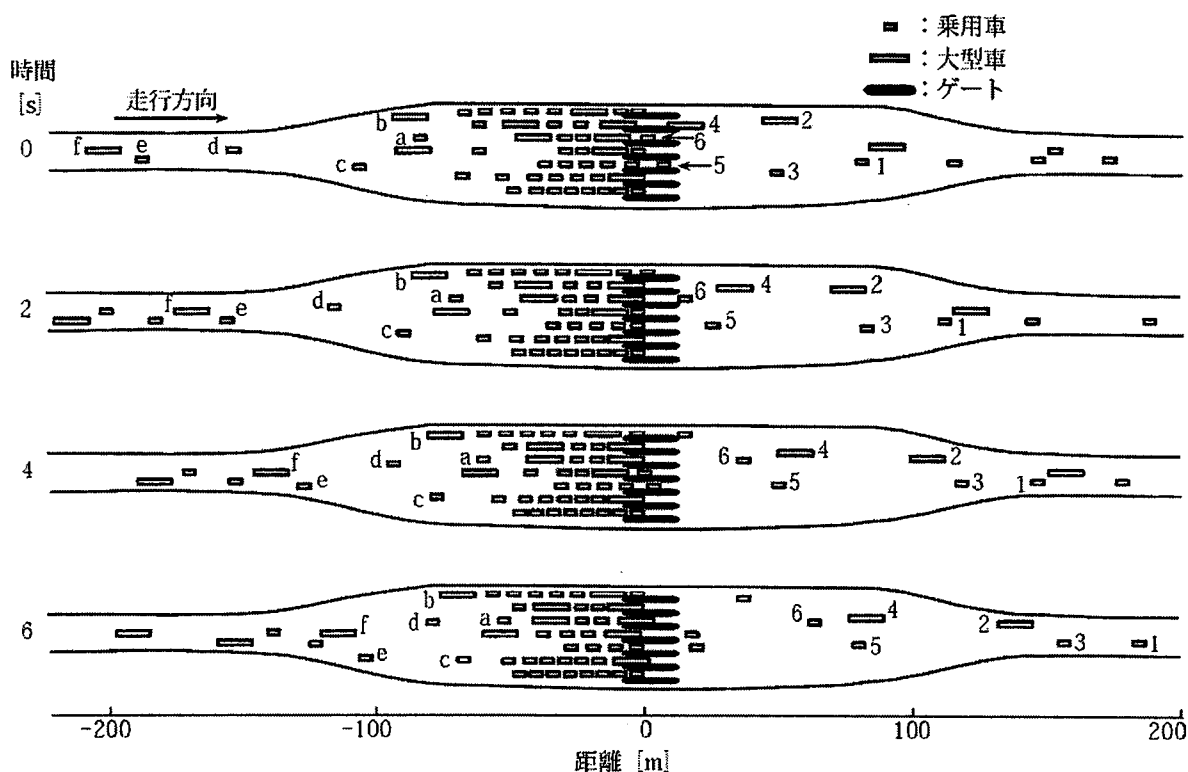


図4 集約料金所付近における交通流の計算結果

(4) 道路交通騒音の予測手法の簡便化

都市部の道路交通騒音について検討する場合、上記のようなダイナミックシミュレーション手法を用いた詳細な予測が極めて重要である。このような予測に加えて、環境アセスメント等を検討する場合には精度より簡便性や使い勝手を重視した予測も必要と考えられる。そこで本研究では、信号交差点付近の沿道騒音を簡便に予測できる手法を開発した。具体的には、日本音響学会の道路交通騒音予測手法（以下、ASJ Model という）で用いられている2種類の音源モデル（定常と非定常走行区間に対する式）を用い、これらの適用範囲を交通状況に応じて変化させる方法を採用することとした。

ASJ Model におけるこれらの音源モデルの模式図を図5に示す。2種類の式は、ともに走行速度のみの単純な関数である。速度40km/hから60km/hにおいては2種類の式が併存しており、非定常走行区間の式の方がレベルが高い。しかし、現状のASJ Model では、信号交差点からどの程度離れた地点を定常走行区間と非定常走行区間の境界に設定するかの基準が明確になっていなかった。そこで本研究では、信号交差点付近における2種類の式の適用範囲を決定するために、交通流のショックウェーブ理論と道路交通騒音のダイナミックシミュレーション手法を用いた解析を行った。その結果から、信号交差点上流側はショックウェーブ理論で計算される信号待ち行列長の2分の1の地点まで、下流側は定常速度の単純な指数関数で計算される地点までを非定常走行区間とし、それ以遠を定常走行区間とする方法を考案した。この区分方法を用いて実際の信号交差点付近における L_{Aeq} を推定した結果は、実測値と似た傾向となっており、両者のレベル差は信号交差点からの距離に係わらず2dB以内であった。以上の結果より、本研究で開発した予測手法を用いることによって、信号交差点周辺の L_{Aeq} を簡便に推

定することが可能となった。

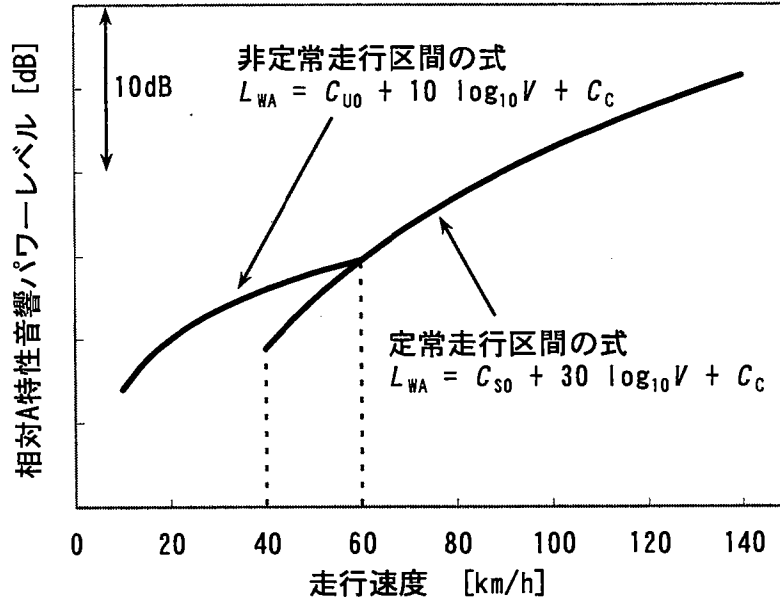


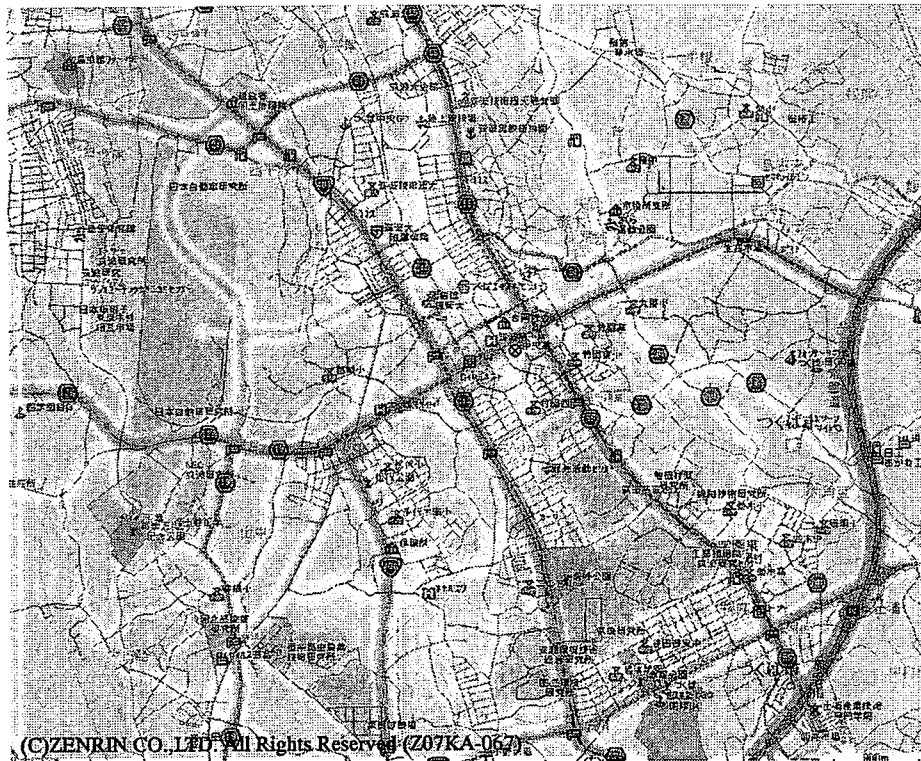
図5 ASJ Modelの自動車走行騒音パワーレベル式

(5) 都市内の広域的な道路交通騒音の予測

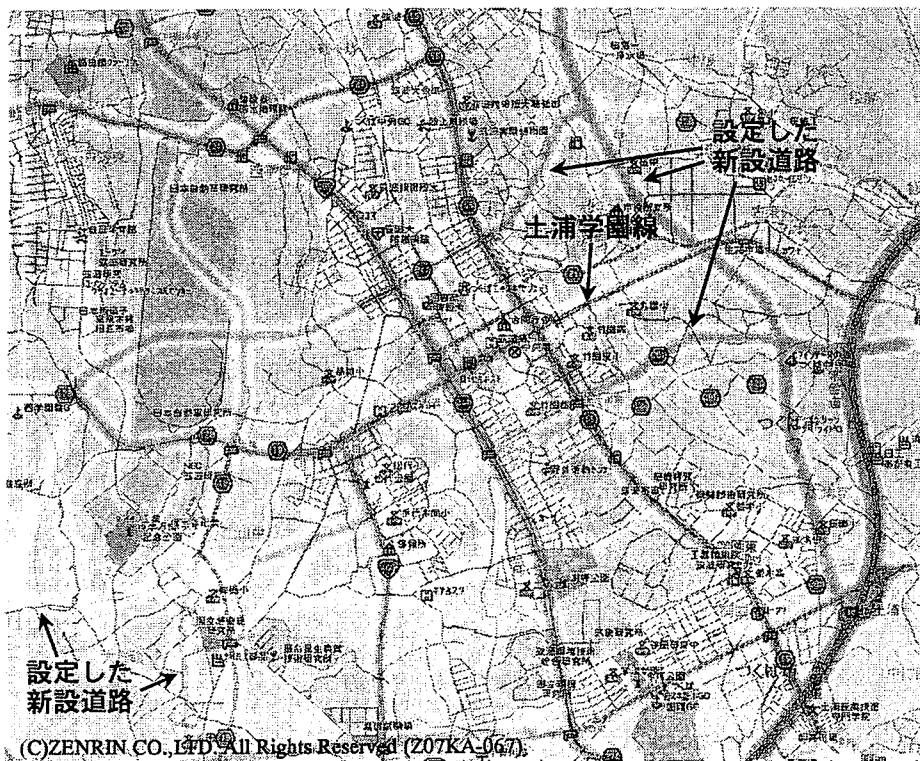
都市部の道路交通騒音を低減するための代表的な方法として、路面の改良や遮音塀の設置等が挙げられる。路面の改良の効果については(1)の検討によって精度良く予測することが可能となった。また、遮音塀についてはこれまで数多くの研究がなされており、騒音低減効果を正確に見積もることが可能である。これらの局所的な対策に加えて更なる騒音低減を図るには、通行規制、速度規制、バイパス道路の設置等の交通流マネジメントによる対策が考えられる。交通流マネジメントはその影響が広い範囲に及ぶため、道路交通騒音を予測する場合には広域的な道路ネットワークを考慮する必要がある。そこで本研究では、(4)で開発した手法と既往の街路網交通流モデル「AVENUE」とのインターフェイスを構築し、道路ネットワークを考慮できる新しい道路交通騒音の予測手法を開発した。

この手法を用いて仮に新設道路が施工された場合における騒音の変化を予測した。現状の道路状況の場合と新設道路が施工された場合における L_{Aeq} のカラーコンターマップをそれぞれ図6(a)と図6(b)に示す。全体的に既存道路の騒音が低下しており、特に主要道のひとつである土浦学園線(図6(b)参照)において騒音の低下が顕著にみられる。

以上の結果より、本手法は、将来の交通流マネジメントを検討する際の有効なツールとして活用されることが期待できる。



(a) 現状の交通状況



(b) 新設道路の施工

図 6 新設道路を施工した場合の広域的な L_{Aeq} の変化の推定結果

学位論文審査結果の要旨

道路交通騒音を効果的に低減するために、論文提出者らは、既に個々の車両挙動を動的に推定する交通流モデルと自動車工学に基づく騒音発生モデルを組み合わせた精密な予測モデルを開発している。本論文は、この予測モデルの適用範囲の拡大と実用性を考慮した簡便モデルに関する研究を行ったものである。

予測モデルの適用範囲の拡大に関しては、まず性状の異なった各種路面におけるタイヤ騒音の計算モデルを作成した。この計算モデルは道路交通騒音の予測モデルに導入され、各種路面性状の道路における騒音を高い精度で予測することを可能にした。また自動車の騒音放射の指向性をモデル化し、道路交通騒音の予測モデルに導入した。これによって道路沿道の3次元的な騒音分布を精度良く予測することを可能とした。簡便モデルに関しては、日本音響学会が公表している予測モデルに交通流のショックウェーブ理論を導入し、市街地の沿道騒音を簡便に精度良く推定する方法を開発した。

以上のように、本研究では、自動車工学と交通工学に基づいた精密な予測モデルと実用性を考慮した簡便な予測モデルを開発し、実際の道路に適用してそれらの有効性を確認している。これらの成果は、今後の環境騒音分野に多大な寄与をもたらすものと考えられる。よって、本論文は博士（工学）に値するものと判定する。